

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002年4月4日 (04.04.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/28091 A1

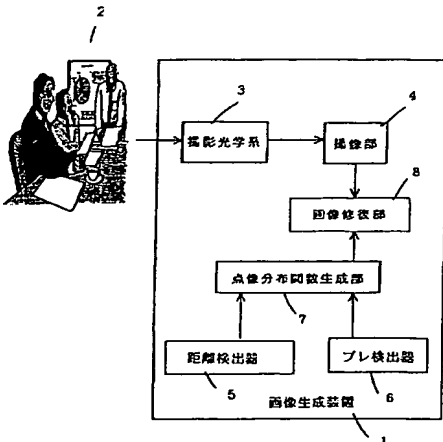
- (51) 国際特許分類: H04N 5/232 (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/08423 (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (22) 国際出願日: 2001年9月27日 (27.09.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2000-295767 2000年9月28日 (28.09.2000) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 日下洋介 (KUSAKA, Yosuke) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 永井冬紀 (NAGAI, Fuyuki); 〒100-0013 東京都千代田区霞が関三丁目2番4号 霞山ビル Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: IMAGE CREATING DEVICE AND IMAGE CREATING METHOD

(54) 発明の名称: 画像生成装置および画像生成方法



- 3...IMAGING OPTICAL SYSTEM
4...IMAGING SECTION
8...IMAGE RECOVERING SECTION
7...POINT SPREAD FUNCTION CREATING SECTION
5...DISTANCE MEASURING SECTION
6...BLUR MEASURING SECTION
1...IMAGE CREATING DEVICE

(57) Abstract: An imaging section generates an image signal corresponding to the image of a field formed by an imaging optical system. A point spread function creating section creates a point spread function different with distance according to information on the two-dimensional distance distribution of the field measured by a distance measuring section and an image blur signal during exposure representative of the blur measured by a blur measuring section. An image recovering section divides the image signal into partial images according to the distance distribution information, carries out a blur recovery image processing of each partial image by using the point spread function different with distance, combines the blur-recovered partial images to create a whole image.

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

WO 02/28091 A1



(57) 要約:

撮像部は、撮影光学系により形成された被写界の像に対応した画像信号を発生する。点像分布関数生成部は、距離検出部により検出された被写界の2次元的な距離分布情報と、ブレ検出部により検出された露光期間中の像ブレ信号に基づき、距離毎に異なる点像分布関数を生成する。画像修復部は、距離分布情報に基づき画像信号を部分画像に分割し、各部分画像に対し距離毎に異なる点像分布関数を用いてブレ修復の画像処理を施すとともに、ブレ修復した部分画像を合成して全体画像を生成する。

明細書

画像生成装置および画像生成方法

本出願は日本国特許出願 2 0 0 0 - 2 9 5 7 6 7 号（2 0 0 0 年 9 月 2 8 日出願）を基礎として、その内容は引用文としてここに組み込まれる。

技術分野

本発明は、手ブレ等により劣化した画像に画像処理を施してボケのない画像に修復する画像生成装置および画像生成方法に関する。

背景技術

従来から、手ブレにより劣化した画像（以降、ブレ画像と呼ぶ）を修復し、ボケのない元の画像を復元する技術が知られている。例えば、特開昭 6 2 - 1 2 7 9 7 6 号公報に開示された画像生成装置は、撮影時の手ブレによる画像劣化を点像分布関数で表し、この点像分布関数に基づきブレ画像を修復している。

しかしながら、上述の画像生成装置を用いて、実際に撮像した画像の修復を行った場合に、必ずしも良好な結果が得られなかった。例えば、距離の異なる複数の物体が同一画面内に存在する画像や接写画像に対して、ボケ修復が不十分であった。

発明の開示

本発明の目的は、画面中に異なる距離の被写体が混在した画像や接写画像に対しても、ブレ画像の修復を良好に行える画像生成装置および画像生成方法を提供することにある。

上記目的を達成するために、本発明による画像生成装置は、撮影光学系によって画面上に形成された被写界の像を撮像し、画像信号を生成する撮像部と、画面上における被写界の距離を検出し、距離情報を生成する距離検出部と、撮影光学系の撮像時のブレを検出し、ブレ信号を生成するブレ検出部と、距離情報とブレ信号に基づき、距離に応じた点像分布関数を生成する点像分布関数生成部と、点

2

像分布関数を用いて画像信号を修復し、修復画像を形成する画像修復部とを有する。

距離検出部は、被写界の2次元的な距離分布を検出し、距離分布情報に基づき被写界距離を複数の距離ゾーンに分割するとともに、各距離ゾーンを代表する複数の距離データを算出し、点像分布関数生成部は、複数の距離データに応じた複数の点像分布関数を生成し、画像修復部は、距離ゾーンに応じて画像信号を複数の部分画像に分割するとともに、該部分画像毎にその距離データに応じた点像分布関数を用いて修復して複数の部分修復画像を形成し、該複数の部分修復画像を合成することにより修復画像を形成することが好ましい。

上記目的を達成するために、本発明による画像生成装置は、被写界を撮影した画像情報と、撮影時の被写界の距離情報と、撮影時のブレ情報とが記録された記録媒体から画像情報と、距離情報と、ブレ情報とを読み出す情報読み出し部と、距離情報とブレ情報に基づき、距離に応じた点像分布関数を生成する点像分布関数生成部と、点像分布関数を用いて画像情報を修復し、修復画像を形成する画像修復部とを有する。

上記目的を達成するために、本発明による画像生成方法は、被写界の像を所定画面上に形成し、画面上に形成された被写界の像を撮像して画像信号を生成し、画面上における被写界の距離を検出して距離情報を生成し、撮像時のブレを検出してブレ信号を生成し、距離情報とブレ信号とに基づいて距離に応じた点像分布関数を生成し、点像分布関数を用いて画像信号を修復し、修復画像を形成する。

ブレ検出部は、撮影光学系がそれぞれ光軸に直交する2つの軸回りにぶれる角度ブレを検出してもよい。ブレ検出部は、撮影光学系が光軸に平行にシフトする平行ブレを検出してもよい。また、ブレ検出部は、撮影光学系がそれぞれ光軸に直交する2つの軸回りにぶれる角度ブレおよび撮影光学系が光軸に平行にシフトする平行ブレを検出し、角度ブレと平行ブレとに基づいてブレ信号を生成してもよい。

情報読み出し部は、記録媒体に記録された画像情報と距離情報とブレ情報とを、電子的に読み出すことが好ましい。情報読み出し部は、銀塩フィルムに記録された画像情報と距離情報とブレ情報とを、スキャナーにて読み出すようにしてもよい。

上述したように、本発明による画像生成装置および画像生成方法は、画面上における被写界の距離または距離分布を検出し、距離または距離分布に応じた点像分布関数を生成する。距離または距離分布に応じた最適な点像分布関数を用いてブレ画像修復を行うので、良好なブレ画像修復が可能となる。特に手ブレの影響の大きい近接撮影画像のブレ修復に効果的である。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明による画像生成装置の一実施の形態の構成を示すブロック図

図 2 は、本発明を適用したデジタルカメラの構成を示すブロック図

図 3 は、距離検出の原理を説明する図

図 4 は、距離検出の原理を説明する図

図 5 は、CPUとその周辺の構成を示すブロック図

図 6 は、角速度信号の波形を示す図

図 7 は、相対角度信号の波形を示す図

図 8 は、相対角度信号の 2 次元的な状態を示す図

図 9 は、撮影画面上の座標を示す図

図 10 は、撮影画面における距離値の出現頻度を示す図

図 11 は、距離に応じた角度ブレと像ボケの関係を説明する図

図 12 は、点像分布関数の一例を示す図

図 13 は、距離に応じたブレ画像修復処理を説明する図

図 14 は、CPU動作処理を示すフローチャート

図 15 は、CPU動作処理を示すフローチャート

図 16 は、CPU動作処理を示すフローチャート

図 17 は、距離に応じた平行ブレと像ボケの関係を説明する図

発明を実施するための最良の形態

手ブレ等によって生じるボケ量は被写体距離によって異なり、さらに被写体距離が短くなるほど急激に大きくなる。従来のブレ画像修復技術では、被写体距離を考慮せずに、一律な点像分布関数（ボケ量）を仮定して、ブレ画像修復を行っていた。そのため、距離の異なる複数の物体が同一画面内に存在する画像や接写

画像に対してのブレ修復が不十分となっていた。そこで、本発明による画像生成装置では、ブレ画像を距離に応じた点像分布関数に基づき修復する。ここで点像分布関数とは、点像がブレによりボケた時の点像の強度分布を表す関数である。

本発明の一実施の形態における画像生成装置の概念を示すブロック構成図を図 1 に示す。本発明による画像生成装置 1 は、撮影光学系 3、撮像部 4、距離検出器 5、ブレ検出器 6、点像分布関数生成部 7、画像修復部 8 から構成される。

撮影光学系 3 は、所定画面上に被写界 2 の像を形成する。撮像部 4 は、所定画面上に形成された被写界 2 の像を撮像する CCD や CMOS 等の固体撮像素子とその制御回路から構成されている。制御回路は被写体像の明るさに応じて固体撮像素子の露光時間（電荷蓄積時間）を制御し、被写界 2 の像に対応した画像信号を生成する。

距離検出器 5 は、周知の距離検出装置により構成される。距離検出器 5 は、所定画面上に形成された被写界 2 の 2 次元的な距離分布を検出し、距離分布情報を発生する。ブレ検出器 6 は、撮像部 4 による撮像期間中の撮影光学系 3 のブレを検出し、時間的に変化するブレ信号を発生する。ブレ検出器 6 は、角速度センサ等から構成される。

点像分布関数生成部 7 は、距離検出器 5 およびブレ検出器 6 から入力された被写界 2 の距離分布情報とブレ信号に応じて、距離毎に異なった点像分布関数を生成する。

画像修復部 8 は、撮像部 4 が生成する、手ブレにより劣化した画像信号（ブレ画像信号）を、点像分布関数生成部 7 で生成した点像分布関数を用いて距離分布情報に応じて画像処理し、手ブレによる劣化を修復した画像信号を生成する。

図 2 は、本発明による画像生成装置をデジタルスチルカメラ 10 に適用した場合のブロック構成図である。以下、図 2 を用いて本発明による画像生成装置および画像生成方法について詳細に説明する。

撮影レンズ 11 により形成された被写体像は、CCD 等の電荷蓄積型の固体撮像素子 12 により光電変換され、画像信号が出力される。画像信号は AD 変換回路 18 によりデジタル画像信号に変換され、RAM 等の揮発性のメモリ 19 に格納される。メモリ 19 に格納された画像信号は、液晶表示装置 20 により画像表示されるとともに、コンパクトフラッシュメモリ等の不揮発性の記録媒体 21 に

記録される。CPU（中央処理制御装置）17は上述の撮像動作、格納動作、表示動作、記録動作の制御を行う。

角速度センサV13と角速度センサH14は、デジタルスチルカメラ10のブレを検出するためのブレ検出センサである。角速度センサV13と角速度センサH14は、撮影レンズ11の光軸と直交し、かつ互いに直交する2つの軸回りの角速度をそれぞれリアルタイムに検出する。この検出出力は角速度信号としてCPU17へ送られる。

距離センサ15は、被写界の2次元的な距離分布を検出するためのセンサである。距離センサ15の詳細は後述する。

リリースボタン16は、撮影時に撮影者により操作される部材であって、操作に応じてリリース信号を発生する。

なお、上記デジタルスチルカメラ10には不図示の光学ファインダが備えられている。撮影者は不図示の光学ファインダを通して被写体を観察できる。

CPU17は、角速度センサV13と角速度センサH14からの角速度信号に基づき、撮像期間中の撮影レンズ11のブレを算出する。また、CPU17は、距離センサ15により検出された被写界の距離分布情報を取得する。CPU17は、ブレ信号と距離分布情報に基づき、距離に応じて点像分布関数を生成する。

さらに、これらの点像分布関数を用い、メモリ19に格納されているブレ画像信号に後述の画像修復処理を施す。修復された画像信号は、メモリ19に再格納される。修復された画像信号は、CPU17からの指令信号に応じて液晶表示装置20に表示されるとともに、記録媒体21に記録される。

ここで、距離センサ15について詳細に説明する。図3に、距離センサ15の構成を示す。距離センサ15は、リリースボタン16からCPU17にリリース信号が入力された時の被写界の距離分布情報を検出する。本実施の形態においては、距離センサ15は撮影光学系3とは別の光学系で被写体光束を受光する。

測距レンズ42により形成される被写界の像は、測距レンズ42の後方の距離Eに配置された2次元画像センサ44で撮像される。2次元画像センサ44は、被写界像の画像データを生成する。また、測距レンズ42と光学的特性が等しい測距レンズ43により形成される被写界の像は、測距レンズ43の後方Eに配置された2次元画像センサ45で撮像され、被写界像の画像データが生成される。

なお、測距レンズ42と測距レンズ43は基線長Bを隔てて設けられる。

図4に、測距レンズ42、43から未知の距離dにある点46と、点46に対応する2次元画像センサ44、45上の結像点47、48との関係を示す。結像点47、48の像間隔Lは、2次元画像センサ44、45が生成する画像データに基づいて測定する。点46までの距離dは、三角測距の原理に従い、(式1)により求めることができる。

$$d = B \times E / (L - B) \quad (\text{式1})$$

画面を、いくつかの領域、例えば5×10の領域に分割して、それぞれの領域に存在する測距点を走査して距離を測定する。これにより、被写界の2次元的な距離分布を検出することができる。固体撮像素子12の画像信号と2次元画像センサ44、45の画像データとを対応付けて、撮影画面中での被写界の距離分布を検出する。なお、画像信号を生成する固体撮像素子12と、測距用の2次元画像センサ44、45のサイズが異なる場合は、画像信号と画像データを縮小／拡大あるいはシフト等をしてそれぞれを対応づけるようにする。検出された被写界の距離分布情報は、CPU17へ送信される。

図5に、図2のCPU17とその周辺の構成をより詳細に示したブロック図を示す。図5を用いて、CPU17で行われるブレにより劣化した画像信号の修復の工程を詳細に説明する。なお、図5において、CPU17は、積分演算部31、ブレ分布記憶部32、撮影制御部33、距離分布演算部34、点像分布関数演算部35および画像修復部38から構成される。また、原画像メモリ36と修復画像メモリ37とがメモリ19を構成する。

角速度センサV13、角速度センサH14からは、デジタルスチルカメラ10に加わる手ブレなどに応じ、角速度信号が生成される。図6に、手ブレとしてサイン波が加わった場合の1次元の角速度信号を示す。この角速度信号は、所定のサンプリング間隔でAD変換され、デジタルデータに変換される。デジタルデータに変換された角速度信号は、積分演算部31によって積分され、相対角度信号に変換される。相対角度信号は、積分定数を除いた相対的な角度変位を表すものである。算出された相対角度信号は、ブレ分布記憶部32に送信される。図7は、図6の相対角速度信号を積分した場合の相対角度信号である。

リリースボタン16からは、撮影者によるリリースボタン16の操作に応じた

リリース信号が、撮影制御部 33、距離センサ 15 に送られる。撮影制御部 33 では、リリース信号を受信すると、被写体輝度、固体撮像素子 12 の感度および撮影レンズ 11 の絞り値より設定された露光時間により、固体撮像素子 12 の露光を制御する。さらに撮影制御部 33 は、露光タイミング信号をブレ分布記憶部 32 に送信する。ブレ分布記憶部 32 では、露光タイミング信号に応じて、露光期間中の相対角速度信号を記憶する。

図 8 は、上述のようにしてブレ分布記憶部 32 に記憶された相対角度信号のデータの 2 次元的な状態を示したものである。露光期間中に所定時間間隔でサンプリングされた相対角度のデータ値が黒丸で示されている。図 8 において、 θ_x は X 軸回りの角度、 θ_y は Y 軸回りの角度を表している。なお、図 9 に示すように、X 軸および Y 軸は、撮影画面 41 において互いに直交するように定義される。また、X 軸および Y 軸はそれぞれ光軸と直交する。ここで露光期間中の相対角度の総サンプリング数を N とし、 n 回目のサンプリングを $(\theta_{xn}, \theta_{yn})$ とする。また、露光期間中にサンプリングされる N 個の相対角度データの平均が $(0, 0)$ となるように変換される。

一方、リリース信号に応じて、距離センサ 15 は撮影される被写界の距離分布を測定し、距離分布演算部 34 に送る。距離分布演算部 34 では、受信した 2 次元の距離分布をもとに、撮影画面における距離値の出現頻度を図 10 のようなヒストグラムにまとめる。このヒストグラムを用い、出現頻度の高さに応じて近距離から無限距離までの被写界距離をいくつかの距離ゾーンに分割する。分割した距離ゾーンの代表値となる距離データを選出する。図 10 においては、被写界距離を Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 の距離ゾーンに分割し、それぞれの代表距離データを d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 とする。また、距離分布演算部 34 は、分割した距離ゾーンに応じて画像信号を複数の部分画像に分割し、画像の位置情報を得る。

点像分布関数演算部 35 では、距離分布演算部 34 で求められた距離データに基づき、ブレ分布記憶部 32 に記憶された相対角度信号 $(\theta_{xn}, \theta_{yn})$ を画面上における像ボケ信号 (X_n, Y_n) に変換する。図 11 は、相対角度信号から像ボケ信号への、距離に応じた変換の原理を説明する図である。簡単のため撮影光学系を 1 枚のレンズ 51 で示す。また、レンズ 51 の焦点距離は f である。

レンズ 51 が画面 54 の中心 55 に対し、 y 軸回りに角度 θ_y 傾いた場合を考

える。この時、点52、53は、それぞれ画面54から光軸上の距離 d_1 および d_2 にあるとする。点52、53に対応する画面上の像点をそれぞれ56、57とする。ここで、点52、53の画面x軸方向の像ボケ量を、像点56、57の画面中心55からの距離 X_1 、 X_2 とする。点52、53の画面x軸方向の像ボケ量 X_1 、 X_2 は、以下の(式2)でそれぞれ求められる。

$$\begin{aligned} X_1 &= d_1 \times f \times \tan \theta_y / (d_1 - f) \\ X_2 &= d_2 \times f \times \tan \theta_y / (d_2 - f) \end{aligned} \quad (\text{式2})$$

なお、y軸方向への像ボケ量 Y_1 、 Y_2 も同様にして算出できる。

(式2)からわかるように、 $d / (d - f)$ のファクターは距離 d の値が小さくなるほど、つまり近距離になるほど急激に変化する。そのため、デジタルカメラの角度ブレ(チルト)量は同じであっても、被写体が近距離にあるほどボケ量の変化は急激になる。

点像分布関数演算部35では、(式2)に基づき、図8に示すような相対角度信号(θ_{xn} 、 θ_{yn})を、距離データ d_1 、 $d_2 \dots$ に応じて像ボケ信号(X_{1n} 、 Y_{1n})、(X_{2n} 、 Y_{2n}) \dots に変換する。さらに、離散的な像ボケ信号(X_{1n} 、 Y_{1n})、(X_{2n} 、 Y_{2n}) \dots は、スムージング等の手法により、図12に示すような連続的な点像分布関数 $h_1(x, y)$ 、 $h_2(x, y) \dots$ に変換される。

画像修復部38では、原画像メモリ36に格納されているブレにより劣化した画像信号を読み出す。この画像情報を関数 $g_1(x, y)$ 、 $g_2(x, y) \dots$ と表す。劣化した画像信号の関数 $g_1(x, y)$ 、 $g_2(x, y) \dots$ に対し、点像分布関数 $h_1(x, y)$ 、 $h_2(x, y) \dots$ を用いて画像修復処理を施す。さらに、画面内の距離ゾーン分割(z_1 、 $z_2 \dots$)に応じた画像合成処理を行って修復画像信号を生成し、修復画像メモリ37に格納する。

図13は、上述した画像修復処理のイメージ図である。まず、ブレにより劣化した画像61から、距離ゾーン(Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4)に応じて複数の部分に分割されて認識された画像の位置情報62を得る。次に、ブレにより劣化した画像61が、それぞれの距離ゾーン(Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4)の代表距離データ(d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4)に応じて定められた点像分布関数 $h_1(x, y)$ 、 $h_2(x, y)$ 、 $h_3(x, y)$ 、 $h_4(x, y)$ により、それぞれ画像修復処理

される。修復された画像からさらに画像情報 6 2 により、距離毎に分割された部分画像 6 3、6 4、6 5、6 6 が抽出される。最後に、分割された部分画像 6 3、6 4、6 5、6 6 を合成し、修復画像 6 7 を生成する。

ここで、個々の点像分布関数 $h_1(x, y)$ 、 $h_2(x, y) \cdots$ による画像修復処理について説明する。

ブレのないときの画像の画像情報を関数 $f(x, y)$ 、ブレにより劣化した画像の画像情報を関数 $g(x, y)$ 、ブレにより点像がボケたときの画像情報を点像分布関数 $h(x, y)$ とする。これらの関数 $f(x, y)$ 、 $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$ には、(式 3) の関係が成り立つ。

$$f(x, y) * h(x, y) = g(x, y) \quad (\text{式 3})$$

ここで、“*” はコンボリューション演算を表す記号である。(式 3) の両辺をフーリエ変換すると、周波数領域において (式 4) が成り立つ。

$$F(u, v) \times H(u, v) = G(u, v) \quad (\text{式 4})$$

ここで、関数 G 、 F 、 H は、関数 g 、 f 、 h のフーリエ変換関数である。 u 、 v はそれぞれ x 、 y 方向の周波数を表す。(式 4) の両辺を $H(u, v)$ で除すると、(式 5) となる。

$$F(u, v) = G(u, v) / H(u, v) \quad (\text{式 5})$$

さらに、(式 5) を逆フーリエ変換すると、(式 6) で表すように、ブレのない元の画像情報である関数 $f(x, y)$ が得られる。

$$\begin{aligned} f(x, y) &= S(F(u, v)) \\ &= S(G(u, v) / H(u, v)) \end{aligned} \quad (\text{式 6})$$

ここで、 $S()$ は逆フーリエ変換を表す。ブレにより劣化した画像関数のフーリエ変換を行い、これをボケによる点像分布関数のフーリエ変換で除し、さらにフーリエ逆変換すれば、ボケのない元の画像関数を求めることができる。

つぎに、図 2 に示した CPU 17 における画像修復の動作プログラムの処理手順を図 1 4～図 1 6 のフローチャートを用いて説明する。なお、固体撮像素子 1 2 として、CCD を用いるものとして説明する。

図 1 4 は CPU 17 のメインプログラムのフローチャートである。図 1 5 は所定時間間隔で角速度信号を AD 変換するためのタイマ割込みプログラムのフローチャートである。図 1 6 はリリース信号により起動するリリース割込みプログラ

ムのフローチャートである。なお、図14のメインプログラム実行中に、図15、図16のタイマ割込みおよびレリーズ割込みの処理プログラムが適宜割り込んで実行される構成となっている。

図14に示したCPU17のメインプログラムは、デジタルスチルカメラ10の電源オンによりスタートする。ステップS101では、CCD12の動作リセット、タイマ類のリセットが行われ、その後タイマ割込み、レリーズ割込みが許可される。ステップS102では、露光時間の決定に必要な情報（被写体輝度、画素感度、絞り値等）に応じて、CCD12の電荷蓄積時間（露光時間）を演算する。以降ステップS102を繰り返す。

つぎに、図15に示した所定時間間隔のタイマ割込のプログラムを説明する。ステップS201では、角速度信号をAD変換して不図示のメモリに格納する。ステップS202では、メモリに格納されている角速度データを最新データまで積分して相対角度信号を演算する。ステップS203では演算した相対角度信号を不図示のメモリに格納しリターンする。

図16はレリーズ割込のプログラムを説明するフローチャートである。レリーズボタン16の操作により、CPU17にレリーズ信号が入力されるとこの処理をスタートする。

まず、ステップS301では距離センサ15より撮影画面上の被写界の距離分布情報を取り込み、図10に示すような距離ヒストグラムを作成する。さらに、距離ゾーン（Z1, Z2・・・）に従って代表距離データ（d1, d2・・・）を算出して記憶する。ステップS302では、ステップS102で算出された最新の露光時間に基づき、撮影レンズ11で形成された被写界の像をCCD12に撮像させる。ステップS303では、CCD12に蓄積された画像信号を読み出す。ステップS304では、読み出した画像信号をAD変換し、ステップS305でAD変換後の画像信号、すなわちブレにより劣化した画像信号をメモリ19に一時格納する。ステップS306ではメモリ19に格納した画像信号を記録媒体21に記録する。

ステップS307では、距離ゾーン（Z1, Z2・・・）に応じて画像信号を部分画像に分割する。ステップS308では、上述したステップS203でメモリ（不図示）に格納した相対角度信号と、ステップS301で算出した代表距離

データ ($d_1, d_2 \dots$) とに基づいて、代表距離データ ($d_1, d_2 \dots$) に応じた点像分布関数 $h_1(x, y)$ 、 $h_2(x, y) \dots$ を算出する。ステップ S309 では、代表距離データ ($d_1, d_2 \dots$) に応じた点像分布関数 $h_1(x, y)$ 、 $h_2(x, y) \dots$ により画像修復処理演算を行うとともに、距離ゾーン ($Z_1, Z_2 \dots$) に応じて分割された部分毎に修復画像を抽出する。

ステップ S310 では、部分毎に修復された画像を合成し、全体的な修復画像を生成する。ステップ S311 では合成された修復画像を記録媒体 21 に記録し、ステップ S102 に戻る。

以上説明したように、距離に応じて最適な点像分布関数でブレ画像修復処理を行うことにより、画面中に異なる距離の複数の被写体が存在した場合や接写撮影の場合でもブレ修復を良好に行うことができる。

(実施の形態の変形例)

本発明は、以上説明した実施の形態に限定されることなく、種々の変形や変更が可能である。

上述した実施の形態では、被写界の 2 次元的な距離分布を検出し、距離に応じて複数の点像分布関数を用意して、ブレ画像の修復を行っているが、必ずしも 2 次元的な距離分布を検出する必要はない。

例えば、主要被写体となる物体までの距離のみを測定し、その距離に応じた点像分布関数を生成する。そして、生成した点像分布関数を用いて全体の画像修復を行うようにしてもよい。このようにすれば、2 次元の距離分布を検出するための距離検出装置が不要となり、安価な簡易構成の距離検出装置があればいいので、デジタルスチルカメラ等に画像修復装置を組み込むことが容易になる。また、主要被写体までの距離にのみ基づいて画像修復を行っても、主要被写体と異なる距離にある物体の像は焦点ボケにより既にボケているため、問題を生ずる可能性は少ない。

また、撮影光学系の角度ブレにより像ブレが発生するものとして説明したが、近接撮影においては撮影光学系の平行ブレ（光軸に平行にシフトするブレ）の影響も大きくなる。このような場合には、平行ブレ検出用の加速度センサを用いて平行ブレ信号を検出し、平行ブレ信号と距離データを用いて距離に応じた点像分布関数を求めるようにしてもよい。

図 1 7 は、距離に応じて平行ブレ信号から像ボケ信号への変換を行う場合の原理を説明する図である。図 1 1 と同じ構成要素には同じ番号を付与してある。このような構成により、レンズ 5 1 が x 軸方向に、光軸に平行に距離 R シフトした場合を考える。レンズ 5 1 が x 軸方向に距離 R シフトすると、画面中心 5 5 もそれに伴ってシフトする。シフト後の画面中心を 5 5' とする。

この時、光軸上の距離 d_1 および d_2 にある点 5 2、5 3 の画面 x 軸方向の像ボケ量を、点 5 2、5 3 に対応する像点 5 6、5 7 の画面中心 5 5' からの距離 X_1 、 X_2 とする。点 5 2、5 3 のそれぞれの画面 x 軸方向の像ボケ量 X_1 、 X_2 は、以下の (式 7) でそれぞれ求められる。

$$\begin{aligned} X_1 &= f \times R / (d_1 - f) \\ X_2 &= f \times R / (d_2 - f) \end{aligned} \quad (式 7)$$

なお、y 軸方向の像ボケ量 Y_1 、 Y_2 も同様に算出できる。

(式 7) からわかるように、近接撮影において距離 d が焦点距離 f に近くなってくると、平行ブレに対するボケ量も急激に増加する。

(式 7) の変換式により、距離に応じて平行ブレを画面上の像ボケに変換し、像ボケに応じた点像分布関数を求めることができる。このようにして求めた点像分布関数を用いてブレ画像修復を行う。これにより、平行ブレにより生ずる像ボケにより劣化した画像を距離に応じて修復することができる。

以上説明した実施の形態の変形例によれば、近接撮影時の像ボケを良好に画像修復することが可能になる。

また、上記平行ブレの画像修復と角度ブレの画像修復とを組み合わせることにより、更に画像修復の効果を高めることができる。この場合、角度ブレを検出する角速度センサと平行ブレを検出する加速度センサとを用いる。そして、(式 2) を用いて算出された角度ブレに応じた像ボケ量と、(式 7) を用いて算出された平行ブレに応じた像ボケ量とを、それぞれの像ボケ量に応じて合成する。合成される x 軸方向の像ボケ量 X_t は、以下の (式 8) のように示される。

$$X_t = K \times X_a + L \times X_p \quad (0 < K < 1, 0 < L < 1) \quad (式 8)$$

ここで、 X_a は角度ブレによる x 軸方向の像ボケ量、 X_p は平行ブレによる x 軸方向の像ボケ量である。K、L はそれぞれ X_a および X_p にかかる係数である。

角度ブレによる像ボケ量 X_a と平行ブレによる像ボケ量 X_p とを比較して、 X

$a > X_p$ の時は、 $K > L$ と設定する。また、 $X_a < X_p$ の時は、 $K < L$ と設定する。つまり、角度ブレによる像ボケ量 X_a が平行ブレによる像ボケ量 X_p よりも大きいときは X_a の割合を大きくする。一方、平行ブレによる像ボケ量 X_p が角度ブレによる像ボケ量 X_a よりも大きいときは X_p の割合を大きくする。その結果、角度ブレと平行ブレの両方を考慮した画像修復を行うことができる。

角度ブレや平行ブレを画面上の像ボケ量に変換する（式6）および（式7）において、近接撮影のため撮影レンズが大きく繰り出され、焦点距離 f が繰り出し量に応じて大きく変化する場合等においては、（式6）および（式7）を適宜レンズ繰り出し量や撮影倍率などにより補正することが可能である。また、上述した実施の形態においては、ブレ検出センサとして角速度センサを用いたが、これに限定されるものではなく、加速度センサや画像センサ（像の時間的な動きにより像ボケを検出）でも構わない。

以上説明した実施の形態においては、距離センサとしてパッシブ型の三角測距方式の距離検出装置を用いたが、これに限定されるものではない。いわゆるアクティブ型の三角測距装置により被写界を走査して距離分布を測定してもよい。ここで、アクティブ型の三角測距装置としては、ビーム光を所定の光軸にそって被写界側に発し、ビーム光と基線長離れた光学系により反射ビーム光の結像位置を測定することにより距離を検出するものを用いることができる。また、電磁波や音波を発し、被写界からの反射波の戻り時間を測定することにより、被写界の距離分布を検出するようにしても構わない。このようにすれば、被写界が比較的暗い場合においても距離測定を高精度に行うことが可能になる。

また上記実施の形態においては、リリース信号に応じてデジタルスチルカメラ内で自動的にブレ画像修復が行われている。しかし、距離情報または距離分布情報、ブレ情報、画像信号をひとまず記録媒体に記憶しておき、後からデジタルスチルカメラが記録媒体より距離情報または距離分布情報、ブレ情報、画像信号を読み出してブレ画像の修復を行うようにしても構わない。このようにすればブレ画像処理をデジタルスチルカメラの負担の少ない時間に行えるので、連続撮影を行う場合に有利である。

また距離情報または距離分布情報、ブレ情報、画像信号をひとまず記録媒体に記憶しておき、後からパソコン等で記録媒体から距離情報または距離分布情報、

ブレ情報、画像信号を読み出し、パソコン側でブレ画像の修復を行うようにしても構わない。このようにすればデジタルスチルカメラの負担を少なくすることができるとともに、より演算規模の大きい画像処理を行うことができる。さらに、画像修復の品質も向上する。

記録媒体としてはメモリカードの他に銀塩フィルムを使用することも可能である。例えば磁気層を備えた銀塩フィルムに画像を光学的に記録するとともに、磁気層に距離情報または距離分布情報、ブレ情報を磁氣的に記録する。そして、スキャナー等で銀塩フィルムを読み込み、パソコンにて画像信号を抽出する。または、磁気ヘッドにより磁気層に記録された距離情報または距離分布情報を読みとる構成にしてもよい。このようにすればデジタルスチルカメラだけでなく銀塩フィルムを使用した撮影システムに対しても本発明の画像修復を適用することができる。

また上記実施の形態においては、ブレ画像の修復処理はデジタルスチルカメラ内で自動的に行われているが、距離ゾーンに応じて画面内を複数部分に分割する処理などは、画像を表示部等に表示しながら撮影者の操作入力によりインタラクティブに行うようにしてもよい。このようにすれば、撮影者の意図を反映したブレ画像修復を行うことができる。さらに、自動化処理が困難な場合にも、ブレ画像修復を確実に実行できる。

また、上記実施の形態においては、全ての距離ゾーンの画像に対してブレ画像修復処理を行っていた。しかし、撮影光学系の設定距離から離れている距離ゾーンの被写体の像は既に焦点ボケによりボケているので、このような距離ゾーンの画像に対してはブレ画像の修復処理を省略するようにしても構わない。例えば撮影光学系の設定距離情報と絞り値情報から演算した焦点ボケ量と、所定の距離ゾーンの像ボケ量とを比較する。焦点ボケ量が支配的な場合は、この距離ゾーンの画像に対してはブレ画像修復処理を行わないようにする。このようにすれば、画像処理時間を短縮し、レスポンスの高い画像修復装置を実現することが可能である。

また、上記実施の形態においては、リリースボタンからのリリース信号に応じて常時ブレ画像修復が行われているが、デジタルスチルカメラの動作設定モード（例えば、接写に適したカメラ動作を行う近接撮影モード、画像を記録する時の

圧縮率が低い高精細記録モード)や撮影光学系の設定距離が所定距離より近距離側に設定された場合に、ブレ画像修復処理を行うようにしてもよい。このようにすれば、ブレ画像修復の必要性が高い状況でのみブレ画像修復が自動的に行われるので、通常撮影時にはレスポンスの高い撮影が可能となる。

以上説明したように、本発明による画像生成装置および画像生成方法においては、画面上における被写界の距離または距離分布を検出し、距離または距離分布に応じて最適な点像分布関数を用いてブレ画像修復処理を行うようにした。これにより、従来のように、距離によらず一律な点像分布関数を用いてブレ画像修復処理を行う場合と比較して、より良好なブレ画像修復が可能となる。特に手ブレの影響が大きい近接撮影画像のブレ修復に効果的である。

また、画面内に距離の異なる複数の被写体があるような画像のブレ修復も、各距離に応じて部分的にブレ画像修復を行った後で全体の修復画像に合成するため、良好なブレ修復効果が期待できる。

請求の範囲

1.

撮影光学系によって画面上に形成された被写界の像を撮像し、画像信号を生成する撮像部と、

前記画面上における被写界の距離を検出し、距離情報を生成する距離検出部と、
撮影光学系の撮像時のブレを検出し、ブレ信号を生成するブレ検出部と、

距離情報とブレ信号とに基づき、距離に応じた点像分布関数を生成する点像分布関数生成部と、

点像分布関数を用いて画像信号を修復し、修復画像を形成する画像修復部とを有する画像生成装置。

2.

請求項1に記載の画像生成装置において、

前記距離検出部は、被写界の2次元的な距離分布を検出し、距離分布情報に基づき被写界距離を複数の距離ゾーンに分割するとともに、各距離ゾーンを代表する複数の距離データを算出し、

前記点像分布関数生成部は、複数の距離データに応じた複数の点像分布関数を生成し、

前記画像修復部は、距離ゾーンに応じて画像信号を複数の部分画像に分割するとともに、部分画像毎にその距離データに応じた点像分布関数を用いて修復して複数の部分修復画像を形成し、複数の部分修復画像を合成することにより修復画像を形成する。

3.

被写界を撮影した画像情報と、撮影時の被写界の距離情報と、撮影時のブレ情報とが記録された記録媒体から画像情報と、距離情報と、ブレ情報とを読み出す情報読み出し部と、

距離情報とブレ情報に基づき、距離に応じた点像分布関数を生成する点像分布関数生成部と、

点像分布関数を用いて画像情報を修復し、修復画像を形成する画像修復部とを有する画像生成装置。

4.

被写界の像を所定画面上に形成し、
画面上に形成された被写界の像を撮像して画像信号を生成し、
画面上における被写界の距離を検出して距離情報を生成し、
撮像時のブレを検出してブレ信号を生成し、
距離情報とブレ信号とに基づいて距離に応じた点像分布関数を生成し、
点像分布関数を用いて画像信号を修復し、修復画像を形成する画像生成方法。

5.

請求項 1 に記載の画像生成装置において、
前記ブレ検出部は、撮影光学系がそれぞれ光軸に直交する 2 つの軸回りにぶれる角度ブレを検出する。

6.

請求項 1 に記載の画像生成装置において、
前記ブレ検出部は、撮影光学系が光軸に平行にシフトする平行ブレを検出する。

7.

請求項 1 に記載の画像生成装置において、
前記ブレ検出部は、撮影光学系がそれぞれ光軸に直交する 2 つの軸回りにぶれる角度ブレおよび撮影光学系が光軸に平行にシフトする平行ブレを検出し、角度ブレと平行ブレとに基づいてブレ信号を生成する。

8.

請求項 3 に記載の画像生成装置において、
前記情報読み出し部は、記録媒体に記録された画像情報と距離情報とブレ情報とを、電子的に読み出す。

9.

請求項 3 に記載の画像生成装置において、
前記情報読み出し部は、銀塩フィルムに記録された画像情報と距離情報とブレ情報とを、スキャナーにて読み出す。

10.

撮影光学系によって画面上に形成された被写界の像を撮像し、画像信号を生成する撮像部と、
前記画面上における被写界の 2 次元的な距離分布を検出し、距離分布情報に基

づき被写界距離を複数の距離ゾーンに分割するとともに、各距離ゾーンを代表する複数の距離データを算出する距離検出部と、

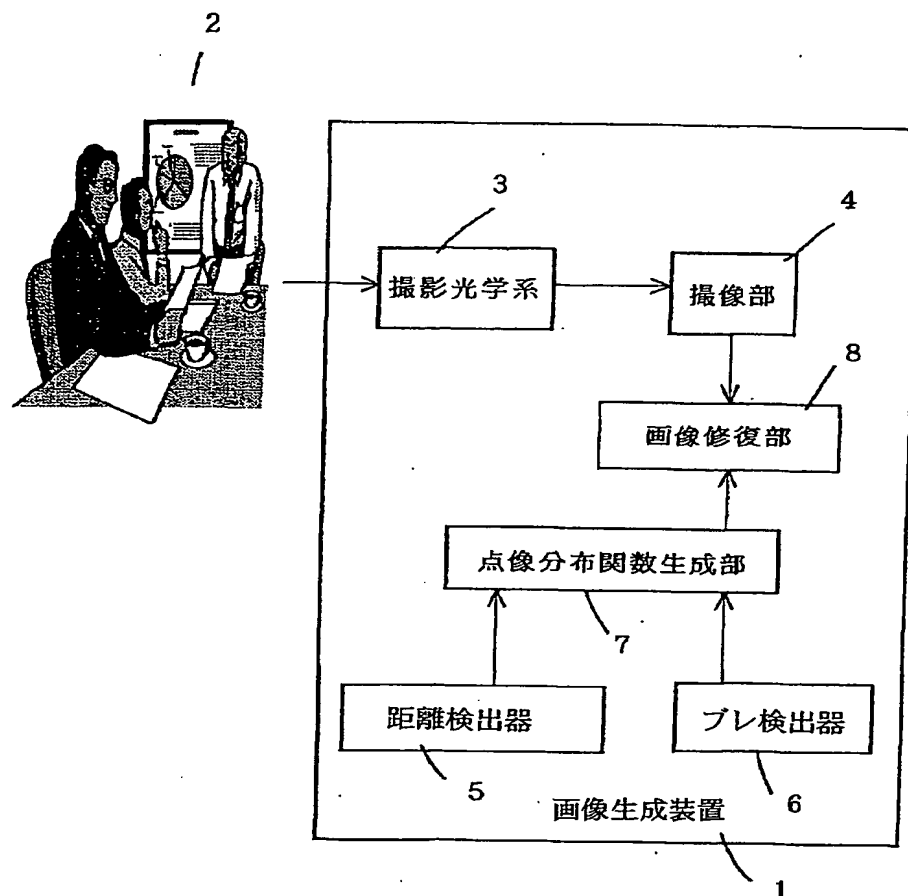
撮影光学系の撮像時のブレを検出し、ブレ信号を生成するブレ検出部と、

距離分布情報とブレ信号とに基づき、複数の距離データに応じた複数の点像分布関数を生成する点像分布関数生成部と、

距離ゾーンに応じて画像信号を複数の部分画像に分割するとともに、部分画像毎にその距離データに応じた点像分布関数を用いて修復して複数の部分修復画像を形成し、複数の部分修復画像を合成することにより修復画像を形成する画像修復部とを有する画像生成装置。

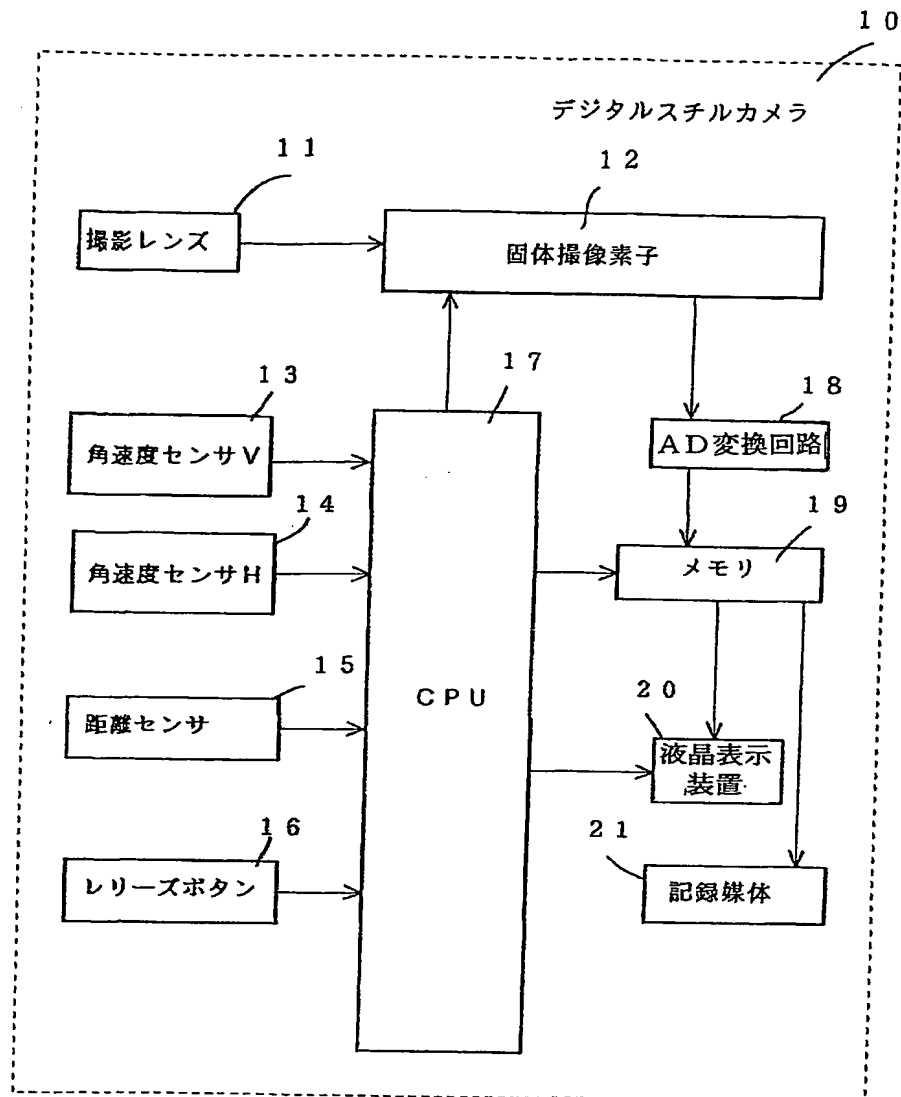
1/11

FIG. 1



2/11

FIG.2



3/11

FIG. 3

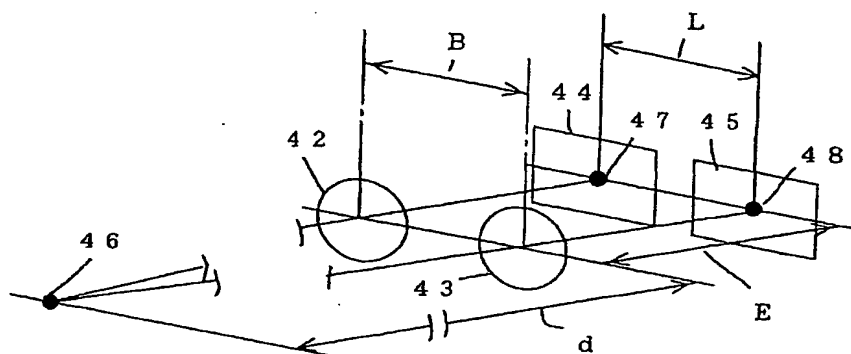
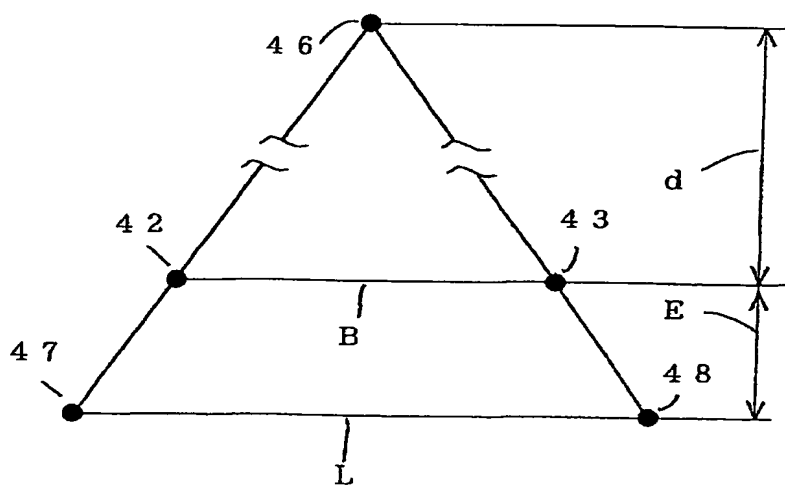


FIG. 4



4/11

FIG. 5

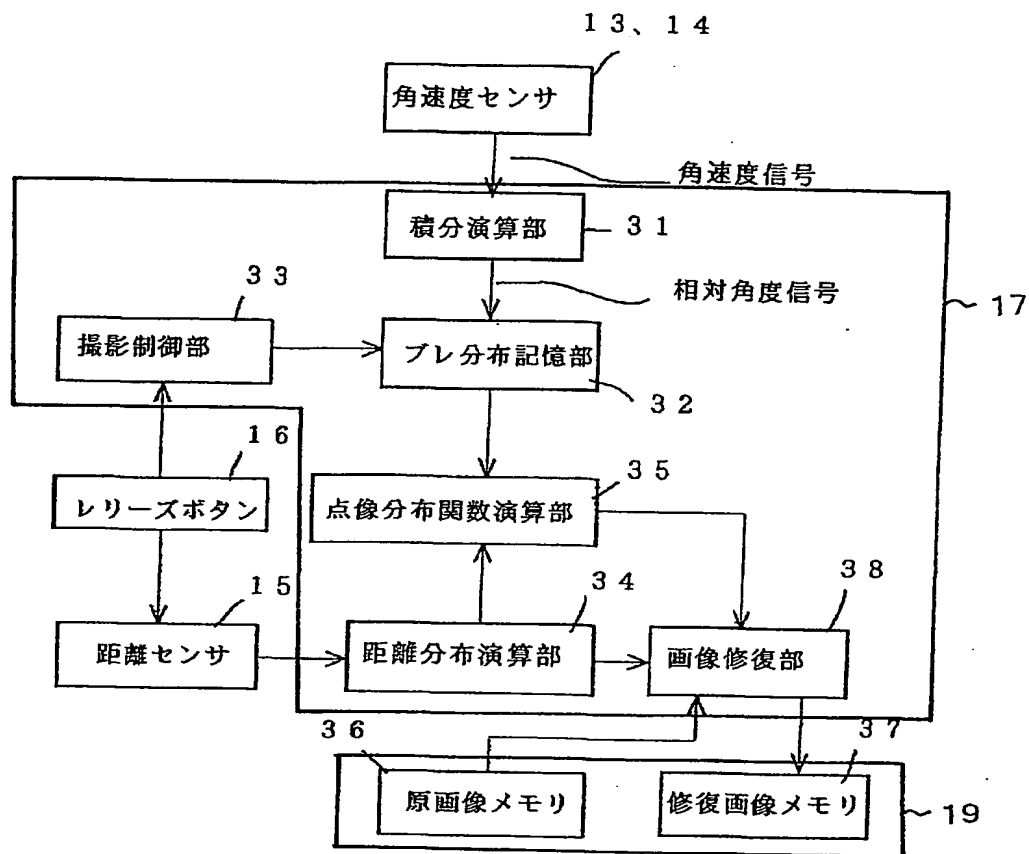


FIG. 6

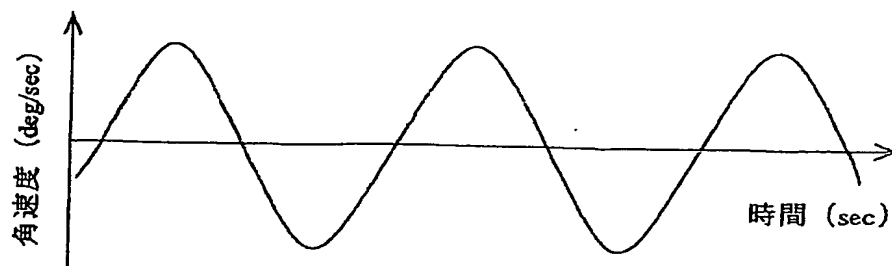


FIG. 7

5/11

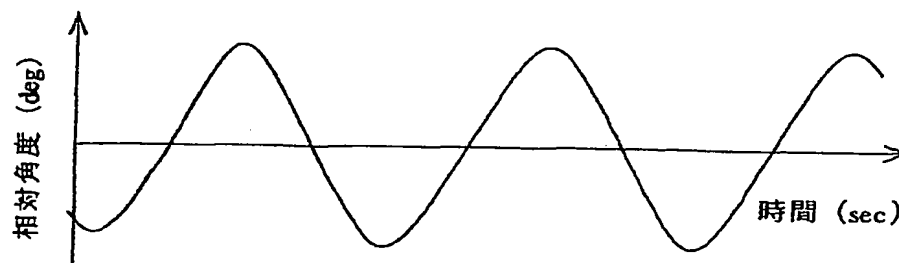


FIG. 8

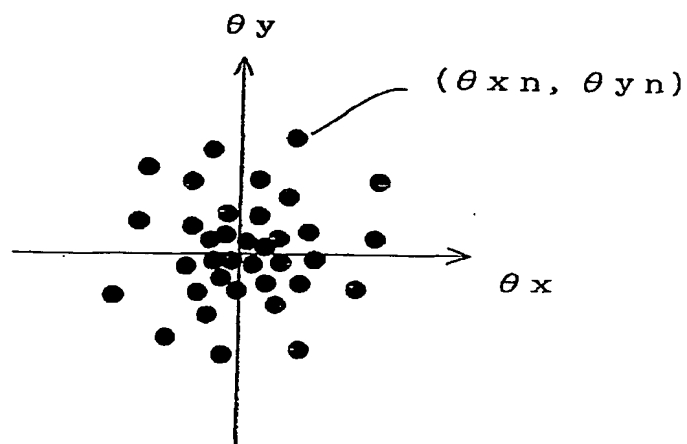


FIG. 9

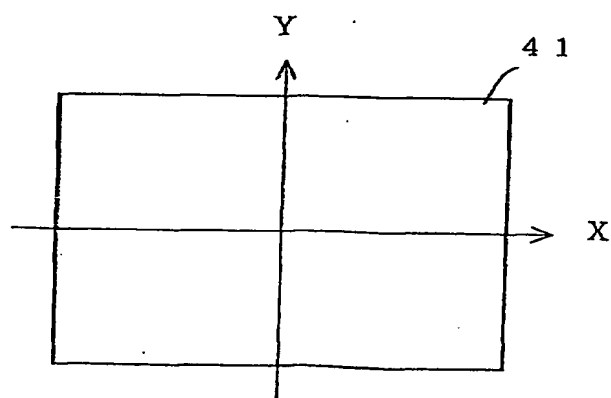


FIG. 10

6/11

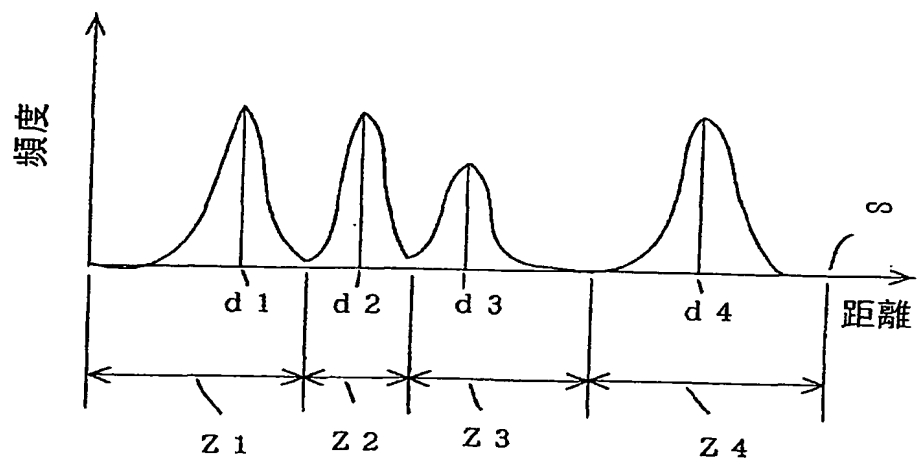


FIG.11

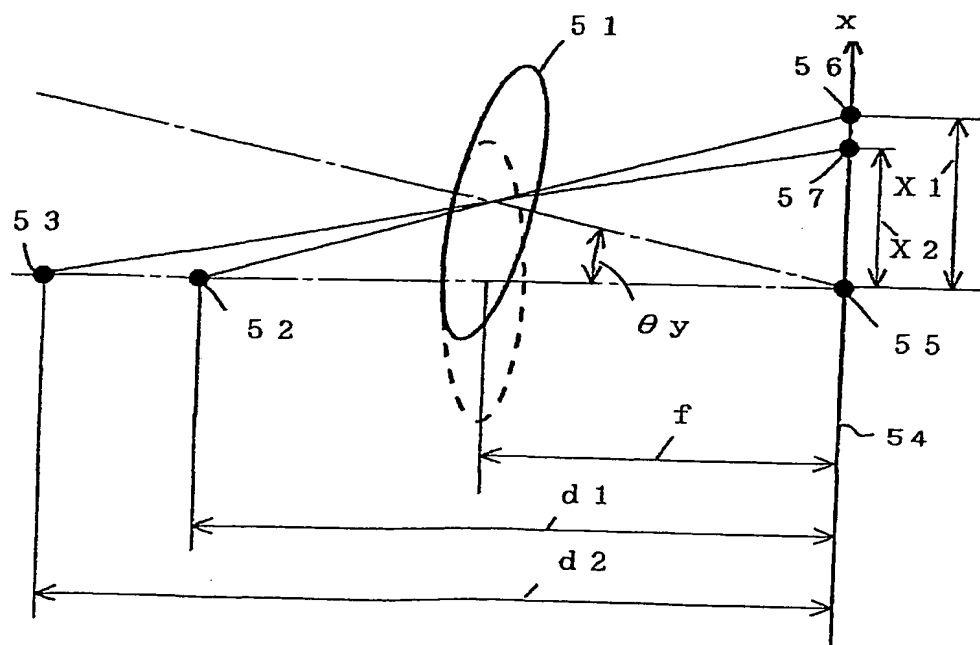


FIG. 12

7/11

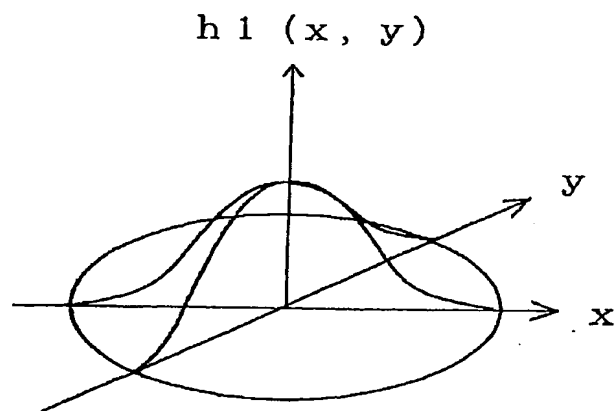
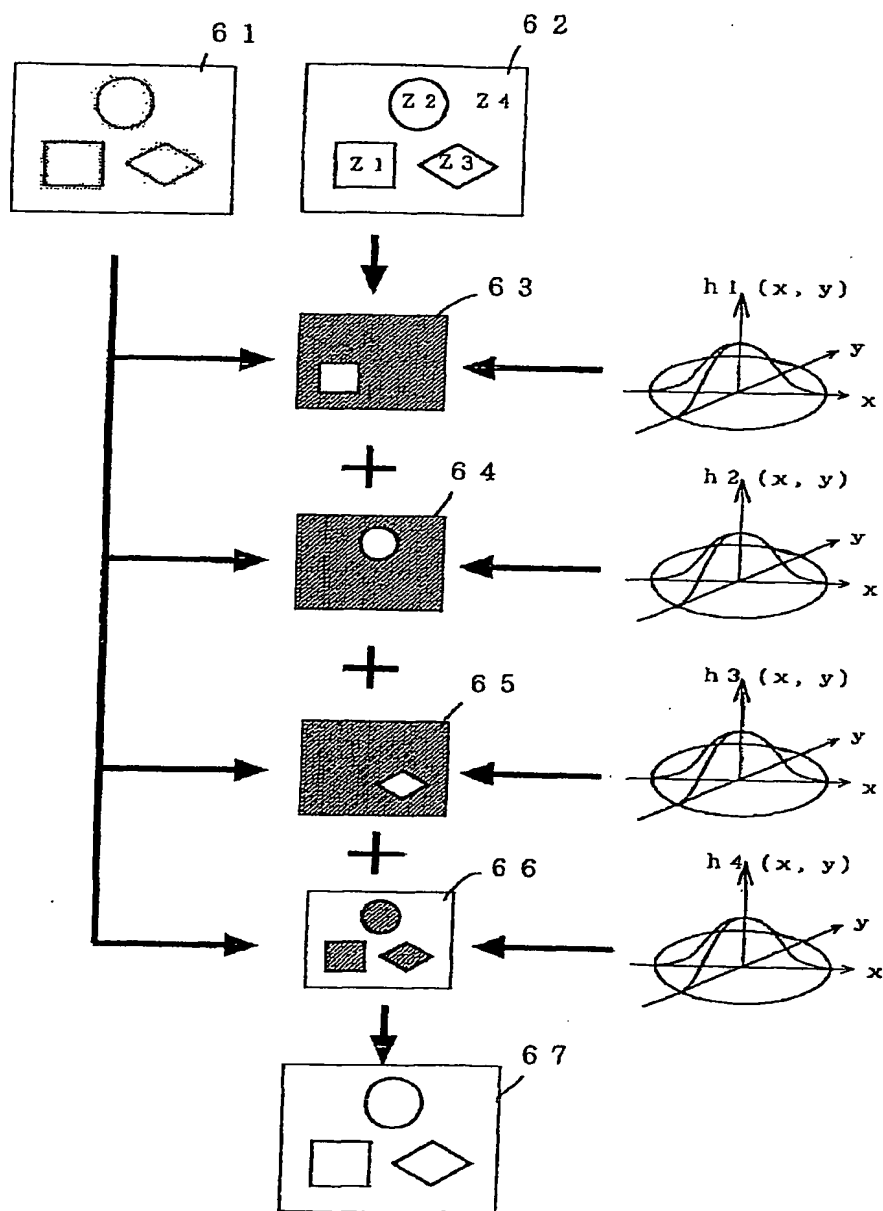


FIG.13

8/11



9/11

FIG. 14

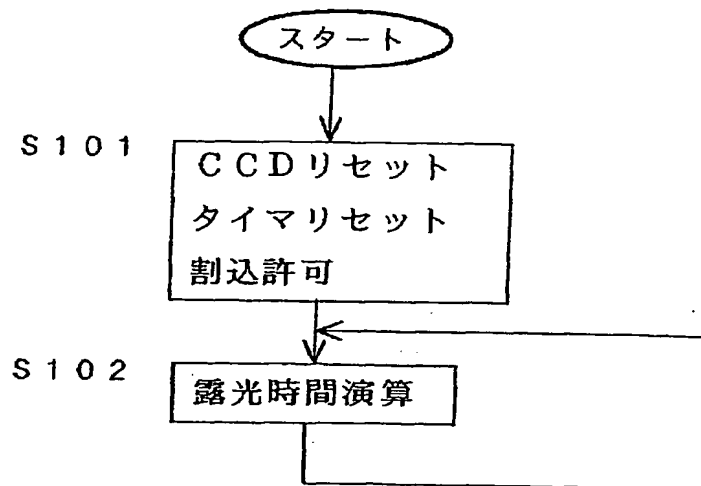
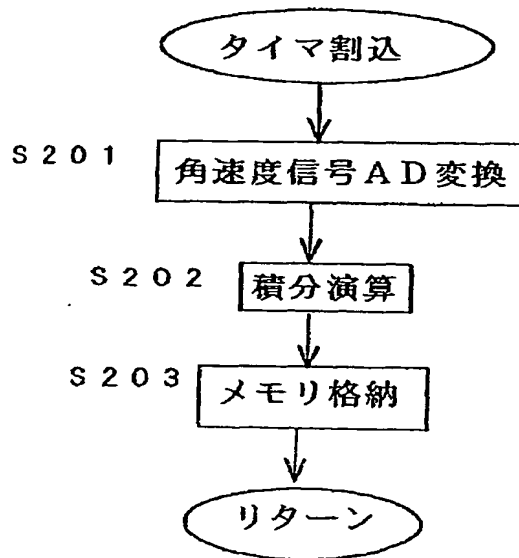


FIG. 15



10/11

FIG. 16

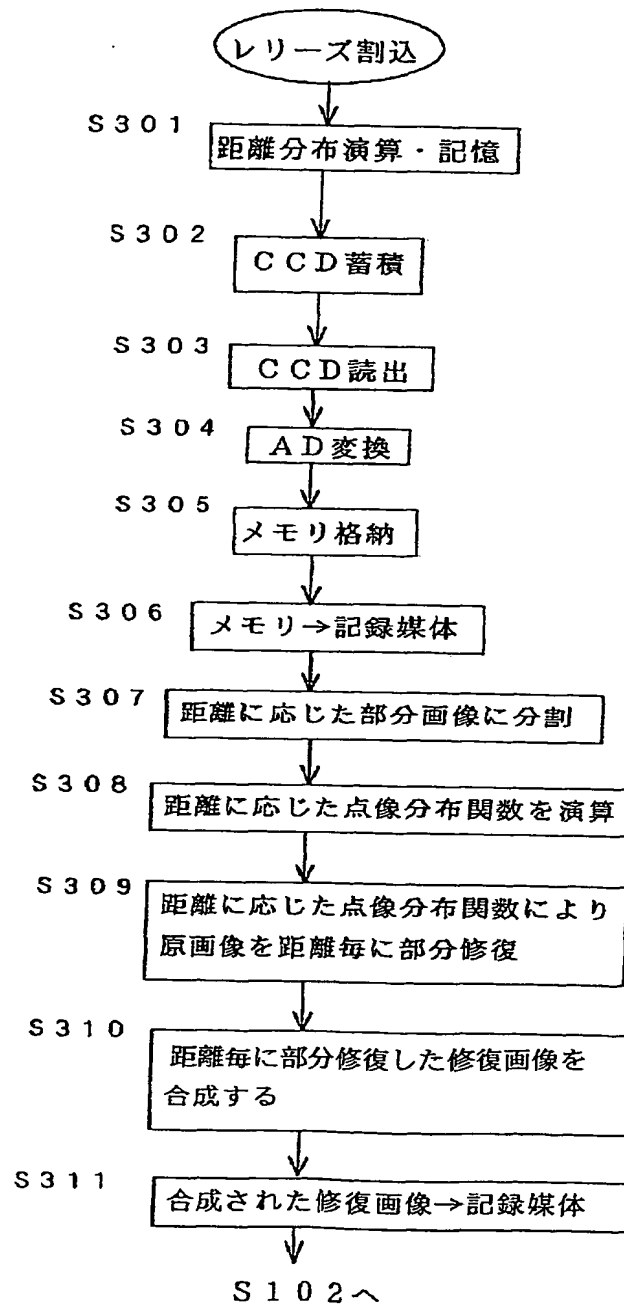
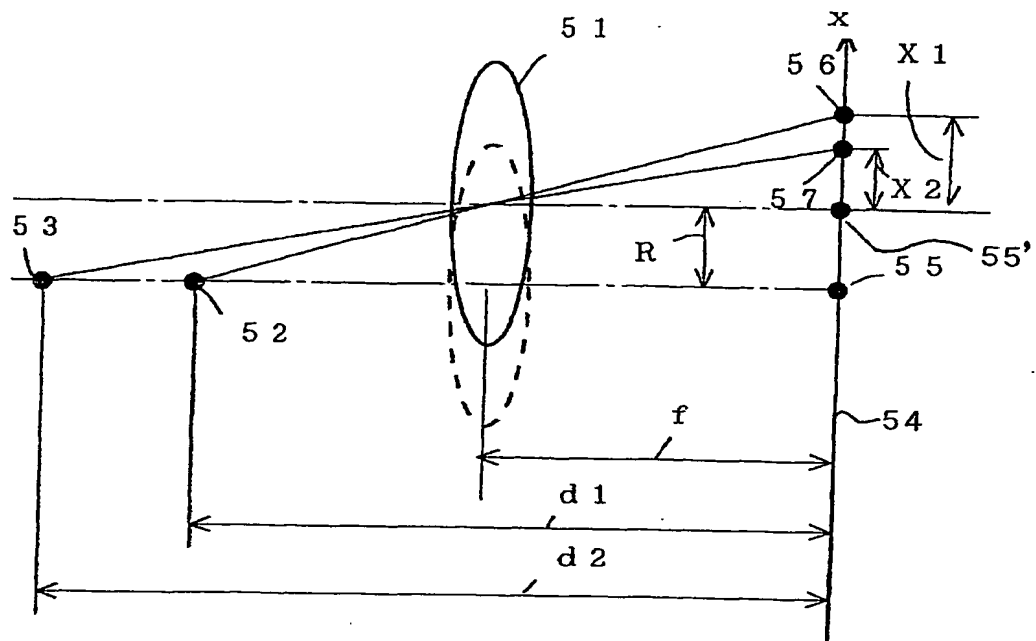


FIG. 17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/08423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H04N5/232

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H04N5/232, G06T1/00, G06T5/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-27574 A (Ricoh Company, Ltd.), 29 January, 1999 (29.01.99), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-10
A	JP 11-134481 A (Canon Inc.), 21 May, 1999 (21.05.99), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-10
A	JP 11-261797 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 24 September, 1999 (24.09.99), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-10
P,A	JP 2001-197355 A (Minolta Co., Ltd.), 19 July, 2001 (19.07.01), Par. No. [0041] (Family: none)	1-10
P,A	JP 2001-197356 A (Minolta Co., Ltd.), 19 July, 2001 (19.07.01), Full text; Figs. 1 to 34 (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
09 November, 2001 (09.11.01)

Date of mailing of the international search report
20 November, 2001 (20.11.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04N5/232

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04N5/232, G06T1/00, G06T5/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-27574 A(株式会社リコー), 29.1月.1999(29.01.99) 全文, 第1-7図(ファミリーなし)	1-10
A	JP 11-134481 A(キヤノン株式会社), 21.5月.1999(21.05.99). 全文, 第1-6図(ファミリーなし)	1-10
A	JP 11-261797 A(富士写真フイルム株式会社), 24.9月.1999(24.09.99) 全文, 第1-3図(ファミリーなし)	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.11.01

国際調査報告の発送日

20.11.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

清水 正一

5P

8942

電話番号 03-3581-1101 内線 3541

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, A	JP 2001-197355 A(ミノルタ株式会社), 19.7月.2001(19.07.01) 段落番号【0041】(ファミリーなし)	1-10
P, A	JP 2001-197356 A(ミノルタ株式会社), 19.7月.2001(19.07.01) 全文, 第1-34図(ファミリーなし)	1-10